

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия*

***Аннотация.** Рассмотрены особенности разработанной авторами дополнительной образовательной программы «Современные методы квантовой радиофизики» для подготовки магистров и аспирантов технических вузов. Обсуждается актуальность и востребованность программы при обучении студентов различных направлений. Приводится структура программы по направлению № 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии», в том числе - общее описание, цели, содержание программы, материально-техническое оснащение учебного процесса, дополнительные возможности.*

Ключевые слова: приборы и методы квантовой радиофизики; магнитный резонанс; ядерный магнитный резонанс (ЯМР); электронный парамагнитный резонанс (ЭПР); магнитно-резонансная томография (МРТ); магнитно-резонансная (МР) тераностика

I. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях квантовые радиофизические эффекты находят все большее применение в медицине, в вычислительной технике, сфере коммуникаций, в различных отраслях промышленности. Это и квантовые компьютеры, и устройства квантовой связи, и квантовые сенсоры, и т.д.

Одним из основных средств медицинской диагностики давно стала магнитно-резонансная томография (МРТ) [1, 2], которая по своей чувствительности и разрешающей способности позволяет проводить визуализацию биоструктур на уровне отдельных клеток. Все большее применение в диагностике находят методы и анализаторы на основе явлений ядерного магнитного и электронного парамагнитного резонанса (ЯМР и ЭПР). В последнее время активно развивается направление магнитно-резонансной тераностики (сочетание слов «терапия» и «диагностика») [2], в котором высокие диагностические возможности метода МРТ сочетаются с терапевтическим воздействием на организм с помощью различных молекулярных соединений или физических полей. Методы МР-тераностики, уже нашедшие клиническое применение или находящиеся в стадии подготовки к клиническому апробированию, в которых терапевтическое воздействие различными физическими полями происходит под управлением МРТ, включают МРТ-управляемые высокоинтенсивную фокусированную ультразвуковую хирургию (абляцию опухолей), радиационную (рентгеновскими лучами) терапию, протонную терапию, радиочастотную терапию. В стадии исследований находятся новые методы МР-тераностики, такие как транскраниальная магнитная стимуляция, совмещенная с функциональной МРТ (TMS/fMRI), МРТ-управляемая фотодинамическая терапия, МР-управляемая терапия с помощью магнитных наночастиц. Число таких исследований непрерывно растет, и соответственно, возрастает роль МР-тераностики в современной медицине.

Современная приборная база (элементы оптоэлектроники, полупроводниковые структуры, твердотельные элементы СВЧ-электроники, радиационно-стойкие материалы, чипы компьютеров и т.д.) основывается на различных квантовых спиновых состояниях электронов и ядер, которые можно обнаружить и управлять ими с помощью квантовых радиофизических методов. Области применения этих методов интенсивно и непрерывно расширяются, например, спиновые состояния NV-центров или дефектов кристаллической решетки в искусственных алмазах и карбиде кремния являются основой для создания высокоэффективных лазеров нового типа большей мощности и более широким диапазоном длин волн; высокотемпературного полевого транзистора с рабочей частотой до 50 ГГц; сверхчувствительных пьезоэлектрических датчиков; бета-гальванических батареек со сроком службы в тысячи лет, корпус которых выполнен из синтетических алмазов, а внутрь корпуса помещен радиоактивный сердечник из изотопа углерода C^{14} ; квантовых магнитометров; СВЧ-приборов с уникальными теплопроводными свойствами и радиационной стойкостью; квантовых детекторов УФ-, рентгеновского, гамма-излучений, регистрации электронов, альфа-частиц, нейтронов и других частиц в диапазоне от 5,5 эВ до ГэВ; квантовых компьютеров и т.д.

В связи с этим изучение эффектов и методов квантовой радиофизики становится актуальным, особенно, в технических вузах. Однако, программы курса общей физики технического университета предполагают, по сути дела, только ознакомление студентов с основами квантовой физики как на лекционных занятиях, так и при проведении лабораторно-практических занятий. Трудность изучения квантовых эффектов в учебных лабораториях связана также с отсутствием или недостаточным количеством соответствующих этой тематике макетов лабораторных работ. Основные понятия магнитного резонанса – явления, лежащего в основе квантовой радиофизики, практически в технических вузах не изучаются.

С целью развития фундаментальной подготовки студентов с учетом состояния современной технической базы науки, медицины и промышленности, достижения доступности изучения явлений квантовой радиофизики, методов радиофизических измерений и их практического применения разработана дополнительная образовательная программа «Современные методы квантовой радиофизики» для студентов технических вузов. Структура такой программы по направлению № 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» приведена ниже.

II. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

Дополнительная образовательная программа «Современные методы квантовой радиофизики» включает в себя следующие разделы.

Общее описание программы

В рамках образовательной программы предусмотрена усиленная подготовка и изучение физических основ квантовой радиофизики, формирование профессиональных компетенций по применению современных методов радиофизических измерений и технологий для диагностики, лечения, контроля и мониторинга состояния здоровья, оптимизации лечебного процесса в медицинских учреждениях. Магистранты получают навыки работы с современными радиофизическими приборами, базами данных и знаний, учатся использованию пакетов прикладных программ обработки и анализа биомедицинской информации. Особое внимание уделяется вопросам научных исследований и разработки новых биомедицинских технических средств и технологий, использующих методы магнитного резонанса.

Цели образовательной программы

1. Подготовка выпускников к успешной профессиональной инженерной деятельности, решению задач проектирования, разработки и обслуживания биотехнических систем медицинского назначения, систем диагностики, терапии, контроля и мониторинга методами квантовой радиофизики, информационных систем медицинского назначения с использованием современных наукоемких технологий.

2. Формирование у обучающихся потребности к профессиональному росту и повышению квалификации, использованию в своей профессиональной деятельности современных методов и технологий квантовой радиофизической биомедицинской инженерии.

3. Обеспечение потребности общества и рынка труда в высококвалифицированных специалистах медико-технического профиля, получивших профессиональные компетенции в области биотехнических радиофизических систем и технологий, способных проектировать и обслуживать наукоемкие, высокотехнологичные приборы квантовых радиофизических измерений в лечебных учреждениях, отвечающих требованиям профессиональных стандартов.

Содержание программы

Дополнительная образовательная программа «Современные методы квантовой радиофизики» подготовки магистров предусматривает изучение студентами следующих циклов дисциплин и разделов:

- Общенаучный цикл – базовая и вариативная часть, включая дисциплины по выбору студентов.
- Профессиональный цикл – включает в себя следующие дисциплины:

- Современные методы квантовых биофизических исследований;
- Квантовая радиофизика;
- Магнитный резонанс и его применения в биологии и медицине;
- Магнитно-резонансная томография;
- Магнитно-резонансная тераностика;
- Медицинские системы магнитно-резонансной томографии;
- Программные комплексы медицинских информационных систем, ориентированных на радиофизические методы и технологии.

● Раздел «Практики и научно-исследовательская работа» включает в себя учебный лабораторный практикум, производственные практики в лечебных учреждениях, научно-исследовательскую работу, в том числе – участие в конференциях и семинарах.

Материально-техническое оснащение учебного процесса

Учебно-научная лаборатория магнитного резонанса, оснащенная как учебными лабораторными макетами, так и современными спектрометрами и анализаторами ЭПР и ЯМР.

Дополнительные возможности (стажировки, практики, совместные образовательные программы, участие в НИР и т.д.)

Магистранты, обучающиеся по данной программе, могут проходить стажировки, производственные практики, участвовать в совместных образовательных программах на кафедре лучевой диагностики и медицинской визуализации Федерального центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова, в других лечебных учреждениях и медицинских центрах Санкт-Петербурга, принимать участие в научно-исследовательских проектах, реализуемых совместно с ФТИ имени А.Ф. Иоффе, с Ресурсным Центром СПбГУ.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная дополнительная образовательная программа «Современные методы квантовой радиофизики» успешно апробирована при подготовке магистров по направлению № 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» на кафедре биотехнических систем СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Подобная дополнительная образовательная программа может быть реализована для подготовки магистров по направлению № 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» на кафедре микро- и наноэлектроники СПбГЭТУ «ЛЭТИ», а также может быть использована в других технических ВУЗах.

Список литературы:

1. Богачев Ю.В., Князев М.Н., Марченко Я.Ю., Наумова А.Н., Тютюкин К.В., Фокин В.А., Фролов В.В., Черненко Ю.С. Диагностический магнитный резонанс. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 212 с.
2. Богачев Ю.В., Фролов В.В., Чижик В.И. Магнитно-резонансная тераностика. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2020. 224 с.

Yu. V. Bogachev, A. I. Mamikin

Additional educational program "Modern methods of quantum radiophysics" for students of technical universities

Saint Petersburg Electrotechnical University, Russia

Abstract. *The features of the additional educational program "Modern methods of quantum radiophysics" developed by the authors for the preparation of masters and postgraduates of technical universities are considered. The relevance and demand of the program in teaching students of various fields is discussed. The structure of the program in the direction No. 12.04.04 "Biotechnical systems and technologies" is given, including a general description, goals, content of the program, technical equipment of the educational process, additional opportunities.*

Keywords: *devices and methods of quantum radiophysics; magnetic resonance; nuclear magnetic resonance (NMR); electron paramagnetic resonance (EPR); magnetic resonance imaging (MRI); magnetic resonance (MR) theranostics*